HAL
open science

# Appareil pour la mesure de l'intensité des champs magnétiques

A. Cotton

## To cite this version:

A. Cotton. Appareil pour la mesure de l'intensité des champs magnétiques. J. Phys. Theor. Appl., 1900, 9 (1), pp.383-390. 10.1051/jphystap:019000090038300 . jpa-00240455

**HAL Id: jpa-00240455**

**https://hal.science/jpa-00240455**

Submitted on 4 Feb 2008

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

## APPAREIL POUR LA MESURE DE L'INTENSITÉ DES CHAMPS MAGNÉTIQUES (1);

Par M. A. COTTON.

I. — Les appareils employés pour la mesure directe, en valeur absolue, des champs magnétiques, se rattachent à deux méthodes distinctes.

Dans la première méthode, on utilise un phénomène d'induction produit par le déplacement dans le champ d'un conducteur mobile. On mesure alors : soit la quantité d'électricité mise en mouvement lors du déplacement (emploi d'une bobine retournée dans le champ, ou tirée hors du champ, et d'un galvanomètre balistique); soit la force électromotrice qui correspond à une vitesse connue d'une portion de conducteur (appareil de M. Bouty, récemment décrit dans ce journal) (2).

Dans la seconde méthode on mesure l'action mécanique exercée par le champ sur un circuit mobile parcouru par un courant connu. Cette méthode de mesure exige seulement, comme appareil de mesure électrique, un ampèremètre étalonné: or le champ est le plus souvent créé lui-même par un courant dont il faut connaître la valeur (3).

Cette seconde méthode a été appliquée par différents physiciens. Certains d'entre eux (Stenger, K. Angström) ont employé une bobine placée dans le champ et qui tend à se renverser sous l'action de celui-ci : ce procédé n'est plus applicable lorsque l'entrefer est étroit. D'autres ont cherché à réaliser un *élément de courant* placé dans le champ à étudier : MM. Leduc, Houllevigue, Miot, etc., ont utilisé à cet effet le galvanomètre à mercure de M. Lippmann en déterminant aussi exactement que possible, pour les mesures absolues, l'*épaisseur* de la cuve (4). D'autre part, M. Eric Gérard a décrit un *mesureur de champs magnétiques*, où une partie d'un fléau de balance est parcouru par un courant qui lui arrive par des fils souples. Ce fléau est engagé dans le champ, et l'action qui s'exerce sur lui est mesurée par des ressorts

(1) Voir, pour les détails, un article publié dans *l'Éclairage électrique*.

(2) Bouty, *Journal de Phys.*, 3e série, t. VII, p. 253 : 1898.

(3) De plus, comme on le verra, on peut souvent utiliser le même courant pour exciter l'électro-aimant et pour mesurer le champ.

(4) Au plus égale à la distance entre les pièces polaires.

Article published online by EDP Sciences and available at http://dx.doi.org/10.1051/jphystap:019000090038300

tarés au préalable : c'est à ce dernier appareil que se rattache plus particulièrement celui dont je vais indiquer le principe [1].

II. — Imaginons un champ magnétique, uniforme, d'intensité $\mathcal{H}$ C. G. S. et un *élément de courant* de longueur $l$ centimètres, d'intensité $i$ ampères, dirigé perpendiculairement aux lignes de force du champ. Pour fixer les idées, les lignes de force seront horizontales et perpendiculaires au plan de la figure et l'élément de courant sera situé horizontalement dans ce plan. Sur cet élément s'exerce une force perpendiculaire au plan passant par le courant et par les lignes de force, qui sera, par conséquent, dans le cas que j'ai supposé, verticale. La valeur de cette force est

$$\frac{\mathcal{H}li}{10} \text{ dynes,}$$

ou bien

$$f = \frac{\mathcal{H}li}{10.981} \text{ grammes [2].}$$

Tout se passe donc comme si le poids de l'élément de courant était augmenté (ou diminué, suivant le sens du courant) de $f$ grammes.

Si, par exemple, le champ est de 10.000 C. G. S., la longueur $l$ de 1 centimètre, le courant $i$ de 1 ampère, la force $f$ dépasse quelque peu, comme on le voit, 1 gramme. On pourra donc la mesurer *directement*, et avec précision, *avec une balance*.

Si le champ est plus faible, la mesure se fera encore avec précision, même sans employer une balance très sensible, *si l'on peut augmenter la valeur de la longueur l ou l'intensité du courant i*. C'est ce que j'ai cherché à réaliser. J'y suis arrivé en employant, non pas un élément de courant mobile, mais une sorte de bobine plate, pouvant être formée de *plusieurs* spires, et disposée de telle manière que, seule, l'action exercée par le champ *sur un de ses côtés* intervienne dans la mesure.

III. — Un dispositif qui se présente tout naturellement à l'esprit

---

(1) Sous sa forme actuelle, il ne convient qu'aux champs magnétiques dont les lignes de force sont voisines de l'horizontale, mais cette condition peut être facilement remplie par les appareils ordinaires de laboratoire (aimants ou électro-aimants).

(2) Je prends ici, pour la valeur de l'accélération de la pesanteur 981 centimètres par seconde. En réalité, c'est la valeur de $g$ *au lieu où on opère*, qui intervient dans la formule. En comparant avec précision une action électromagnétique *bien constante*, à l'action que la terre exerce sur une masse connue, on pourrait faire des mesures relatives de l'accélération de la pesanteur aux différents points du globe. Cette remarque s'applique évidemment aux électrodynamomètres balances.

est le suivant : Imaginons (*fig.* 1) qu'on suspende à un plateau d'une balance hydrostatique [1] un cadre ABCD, de forme rectangulaire,

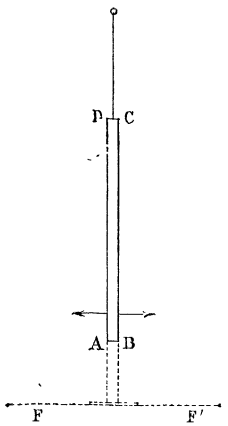


FIG. 1.

dont les côtés verticaux AD, BC soient très allongés. Le côté AB est placé dans le champ à mesurer de façon à couper les lignes de force à angle droit; le côté CD est placé au-dessus et se trouve assez loin pour qu'on puisse négliger le champ qui existe dans cette région [2]. Supposons qu'un courant, arrivant par des fils souples attachés en C et D, circule dans le cadre : l'action exercée sur CD est négligeable, les actions subies par les côtés verticaux sont nécessairement des forces horizontales qui ne sont pas transmises par le fil de suspension; il n'y a donc à considérer que l'action sur le côté AB : c'est la force $f$ dont nous avons indiqué la valeur. Si l'on connaît la longueur $l$ de AB, on aura immédiatement la valeur du champ en mesurant la force $f$, par la formule :

$$\mathcal{H} = \frac{10.981 f}{l \, . \, i}.$$

[1] Il est bon de munir la balance de deux butoirs avec lesquels on limite à son gré, la course du fléau. On peut, par exemple, employer deux vis à large tête dont la pointe est en haut, fixée aux deux bouts de la fourchette qui sert à supporter le fléau quand on ne s'en sert pas.

[2] On mesure en effet, en réalité, la *différence* entre les champs existant en AB et en CD. Si le champ en CD n'était pas négligeable, on pourrait le déterminer au préalable, mais il est facile d'employer une réglette assez longue pour rendre la correction négligeable.

Si le champ à mesurer, donné par un électro-aimant, est un peu intense, on peut employer une seule spire : on réalisera le circuit en prenant une longue réglette mince de bois [1], à bords bien parallèles, de largeur proportionnée à l'étendue des pièces polaires, et en appliquant soigneusement sur sa tranche une mince bande de cuivre recuit attaché ensuite. La mesure de $l$ se fait alors très facilement : c'est la distance entre les deux côtés [2] : on mesure avec un pied à coulisse cette distance sur l'appareil construit et on retranche du nombre trouvé l'épaisseur de la bande de cuivre employée. Une largeur de $l$ de l'ordre du centimètre se détermine ainsi facilement à moins de $\frac{1}{100}$.

Si le champ est plus faible, et s'il n'est pas très étendu, il sera cependant facile d'augmenter la longueur utile $l$, en enroulant sur la bobine plusieurs couches successives séparées par un ruban de soie [3].

L'appareil ainsi formé est très facile à construire, mais il présente un inconvénient. Lorsque le courant est lancé dans l'appareil, on voit parfois la bobine tourner autour du fil vertical qui la supporte ; ou bien elle est attirée par une des pièces polaires. Ces effets, comme on le comprend facilement, sont dus aux actions subies par les côtés BC, AD. Quand l'appareil est bien en place, les forces agissant sur ces côtés sont horizontales (et même peuvent s'équilibrer d'elles-mêmes), mais cette position est instable. On est alors conduit, pour maintenir la bobine dans le plan où elle doit se mouvoir, à lester l'appareil par un poids convenable placé en bas, et à munir, en outre, l'extrémité inférieure d'une tige aux deux bouts de laquelle viennent s'attacher deux fils horizontaux FF′, un peu fins, légèrement tendus, qui s'opposent aux mouvements de rotation (*fig.* 1). Les fils souples servant à amener le courant dans la bobine, dirigés perpendiculairement au plan de la figure et attachés en C et en D,

---

(1) Il faut paraffiner ou vernir le bois employé et toutes les substances hygrométriques employées.

(2) Il n'est pas nécessaire que AB soit exactement perpendiculaire aux côtés verticaux, ni même exactement rectiligne, puisqu'on peut (si le champ ne varie pas très vite autour de AB) imaginer qu'on remplace chaque élément de courant par ses composantes.

(3) Si la mesure directe de $l$ devient difficile, on la fera par comparaison en plaçant successivement dans un même champ la bobine à mesurer et une bobine étalon à une seule spire.

concourent également à maintenir le plan de la bobine dans sa position normale.

IV. — Les fils FF′ doivent être placés horizontalement et doivent être réglés chaque fois qu'on a à déplacer l'appareil : c'est là un inconvénient. En outre, le courant arrivant par des fils souples ne peut être très intense.

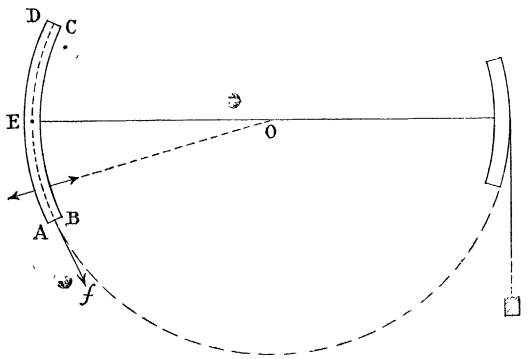


Fig. 2.

Aussi ai-je perfectionné l'appareil en employant un appareil d'exploration *fixé* au fléau de la balance (*fig.* 2). L'un des bras de ce fléau porte à son extrémité une *palette*, plate et mince, sur laquelle est placé le circuit ABCD. Pour éviter que les actions sur les grands côtés n'interviennent, je donne à ces côtés BC, AD la forme d'arcs de cercle dont le centre commun est en O, tandis que les petits côtés AB, CD sont dirigés approximativement suivant des rayons, le côté CD étant toujours placé assez loin pour que le champ agissant sur lui soit très faible.

Les forces agissant sur les côtés curvilignes sont, quel que soit le champ, normales à chaque élément du courant et rencontrent, par suite, l'axe de rotation. Ces forces n'auront aucun effet si cet axe est bien invariable. Pour que cette dernière condition soit remplie, le couteau central est un couteau long et échancré, dont les deux extrémités l'une en avant, l'autre en arrière du plan de la figure, reposent dans des rainures pratiquées dans la pièce servant de support.

D'autre part, le courant suit à l'aller et au retour des conducteurs fixés au fléau, les points d'arrivée et de sortie étant formés par deux

pointes de platine situées dans le prolongement de l'axe de rotation, et qui enfoncent quelque peu dans du mercure contenu dans des godets. La partie déformable du circuit est alors très près de l'axe, ce qui est évidemment la meilleure place; la balance garde à très peu près sa sensibilité, et, de plus, on peut employer des courants plus intenses qu'avec l'autre appareil.

Je n'insisterai pas ici sur les détails de construction de la bobine d'exploration : cet appareil, que l'on peut réaliser de diverses manières, peut avoir une épaisseur très réduite et convient bien alors à l'étude des champs lorsque l'entrefer est très étroit. J'ajouterai seulement qu'il est commode pour faire la mesure de la force agissante, de placer les poids destinés à établir l'équilibre dans un plateau suspendu par un fil s'appuyant sur le pourtour d'un cercle ayant pour rayon la circonférence moyenne de l'arc employé comme bobine. Les poids mesurent alors directement la force cherchée, et, de plus, il n'y a pas à se préoccuper de l'horizontalité du fléau.

L'appareil que construit M. Pellin, représenté *schématiquement* par la *fig.* 3, porte deux arcs de même circonférence moyenne, mais correspondant à deux valeurs de $l$ différentes, et dont on peut intervertir la position en retournant le fléau bout pour bout, le plateau étant toujours attaché au bras du fléau qui n'est pas parcouru par le courant.

V. — Quelle que soit la forme de l'appareil, on s'en sert par l'un ou l'autre des procédés suivants :

1° En procédant à *courant constant :* on lance dans le circuit mobile un courant connu, et on équilibre son action par des poids marqués. Il faut avoir soin d'établir, au préalable, l'équilibre de la balance, *après* avoir excité l'électro-aimant produisant le champ à mesurer, afin d'éliminer les très légères attractions ou répulsions que produisent le magnétisme ou le diamagnétisme des substances engagées dans le champ. Quand cela est possible [1], on lance le courant dans la bobine dans un sens déterminé, on établit l'équilibre de la balance en utilisant, pour achever l'opération, l'écrou de réglage $e$; puis on change le sens du courant et on rétablit avec des poids l'équilibre : ces poids représentent le double de la force cherchée.

Par ce procédé on peut souvent, quand on a à mesurer le champ

[1] Lorsqu'on étudie, en le mesurant de proche en proche, un champ variant rapidement, il peut arriver que, *pour un sens du courant*, l'équilibre devienne instable.

d'un électro-aimant, utiliser le même courant pour l'exciter et pour mesurer le champ qu'il produit. Un seul ampèremètre étalonné est alors nécessaire pour des mesures absolues. Pour des mesures relatives il suffit de maintenir constant le courant utilisé et on peut se dispenser de faire la mesure géométrique de la bobine. On peut employer ce procédé pour l'étude des propriétés magnétiques du fer, notamment pour la comparaison des perméabilités.

2° Dans le procédé à *courant variable*, après avoir établi le champ et produit l'équilibre, on ajoute (ou on retranche) un *poids fixe* dans le plateau.

On lance alors, dans le sens convenable, un courant dans la bobine, on fait varier ce courant avec un rhéostat *continu*, jusqu'à ce que l'équilibre soit rétabli ; puis on mesure le courant (1).

Ce second procédé exige deux sources indépendantes pour l'électro-aimant et pour la bobine. En revanche, il dispense de manier des subdivisions du gramme et il est très rapide. Si l'on fait la mesure pour diverses valeurs du poids, on pourra contrôler rapidement l'échelle d'un ampèremètre.

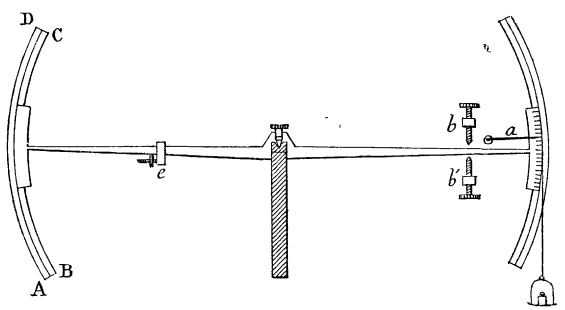


FIG. 3.

J'ajouterai que l'appareil de la *fig.* 3 permet d'étalonner un galvanomètre balistique (2). On voit ainsi qu'il peut servir à diverses manipulations instructives. Il est bon, ce me semble, qu'un étudiant

(1) Il est commode d'utiliser l'un des butoirs limitant la course du fléau, en le disposant de façon à ce qu'il maintienne le fléau dans sa position primitive ; on fait varier progressivement le courant jusqu'à ce que le fléau quitte ce butoir.

(2) En déplaçant rapidement AB d'un certain angle, déterminé par la position des deux butoirs. L'aire coupée par AB est égale à $l \times n$, $n$ étant la longueur, en centimètres, dont s'est déplacée l'échelle devant l'aiguille.

se soit exercé à mesurer directement, en les comparant à des poids, ces forces qui font tourner nos moteurs.

---